

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RUTAS OPTIMAS EN ENTORNOS PATRIMONIALES CON GVSIG



Universitat Politècnica de Catalunya

Centre de Política de Sòl i Valoracions



JULIO DE 2010



METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RUTAS OPTIMAS EN ENTORNOS PATRIMONIALES CON GVSIG

Redacció:

Rolando Biere Arenas, Arquitecte.
Milene Cuhna Machado, Arquitecta.

Universitat Politècnica de Catalunya

Centre de Política de Sòl i Valoracions

JULIOL DE 2010

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RUTAS ÓPTIMAS EN ENTORNOS PATRIMONIALES CON GvSIG

INDICE DE CONTENIDOS

1. ANÁLISIS Y DISEÑO DE ITINERARIO DE RUTAS	02
1.1 Información de partida	02
1.2 El uso del gvSIG en el Patrimonio Accesible	02
1.3 Desarrollo de la herramienta informática	03
1.3.1 Importación y preparación de los datos a utilizar	03
1.3.2 Corrección de errores	04
1.3.3 Generación de cartografía de base	05
1.3.4 Generación de la topografía	06
1.3.5 Creación de redes y rutas óptimas	08
Identificación de obstáculos	09
Escaleras	09
Anchura de calles	10
Insuficiencia lumínica	11
Pendiente	12

1. ANÁLISIS Y DISEÑO DE ITINERARIO DE RUTAS

El presente estudio se realizó sobre el levantamiento de la Vila Vella de Tossa de Mar, cuyo es el único ejemplo de población medieval fortificada que aún existe en la costa catalana y que fue declarado Monumento Histórico Artístico Nacional en 1931. Se encuentra dentro de un recinto amurallado construido entre los siglos XII y XIV, como defensa por los problemas con la piratería. Se conserva casi la totalidad del perímetro original y tres grandes torres cilíndricas llamadas Codolar, de ses Horas y en Joanàs.

1.1 Información de partida

Para realizar la análisis, partimos de la adquisición del plano topográfico en formato CAD a escala 1:1.000 del Instituto Cartográfico de Cataluña (en adelante, ICC); ortofoto en formato imagen Mr. SID a escala 1:5.000 del ICC; y datos del Escáner Láser Terrestre (en adelante LTS), concretamente de puntos espaciales con alta densidad, suministrando información métrica y radiometría del casco antiguo de Tossa de Mar.

1.2 El uso del gvSIG en el Patrimonio Accesible

En estos momentos se está produciendo una evolución hacia el uso de plataformas basadas en software libre, uno de las causas de este creciente hecho, son los costes que un software privado puede generar. Con el objetivo de comprobar la validez del uso de un código abierto para los sistemas de información geográfica (adelante SIG), como también promover la plataforma libre en la investigación científica, creando una alternativa a los SIG comerciales, se ha utilizado el software gvSIG en el contexto del Proyecto PATRAC, "Patrimonio Accesible: I+D+i para una cultura sin barreras".

gvSIG es una herramienta orientada al manejo de información geográfica. Se caracteriza por una interfaz amigable, siendo capaz de acceder a los formatos más usuales de forma ágil tanto ráster como vectoriales. Integra en una vista datos tanto locales como remotos a través de un origen WMS, WCS o WFS.

Dada su naturaleza de software libre (open source) es de gran interés para la comunidad internacional de desarrolladores y, en concreto, para los ambientes universitarios por su componente I+D+I. De hecho, se ha hecho un especial hincapié en la extensibilidad del proyecto de forma que los posibles desarrolladores puedan ampliar las funcionalidades de la aplicación fácilmente, así como desarrollar aplicaciones totalmente nuevas a partir de las librerías utilizadas en gvSIG (siempre y cuando cumplan la licencia GPL).

1.3 Desarrollo de la herramienta informática

La finalidad de la presente investigación es desarrollar una herramienta informática capaz de realizar cálculo de rutas accesibles en Patrimonio Cultural Español, teniendo parámetros como la pendiente, la accesibilidad física, la iluminación o la anchura de las calles.

1.3.1 Importación y preparación de los datos a utilizar

Primeramente los datos en CAD fueron convertidos en formato shape, que es un formato del SIG. Los puntos obtenidos del LTS, fueron tratados por el programa GeoMagic, generando puntos regulares con resolución de 10cm, en formato de texto. Debido que gvSIG no es capaz de manejar el volumen de datos del formato de texto, que presenta un listado con 1.823.336 puntos, divididos en tres columnas (x, y, z) los datos de los puntos fueron importados a la base de datos a Microsoft Access y convertido los puntos en formato de base de datos.

Para convertir los puntos en formato de base de datos en formato shape, el archivo en *.dbf,¹ fue importado por tablas en el gvSIG y así creando una nueva capa por evento, que en seguida fue exportado como shape,² de esta manera, creando el shape de puntos con las coordenadas x, y, z.

Para los próximos pasos, utilizaremos la extensión de Sextante, que trabaja en conjunto con el gvSIG. El shape de puntos fue trabajado y como tenía las coordenadas x, y, z, se rasterizaron,³ los puntos z de la capa vectorial (figura 1).

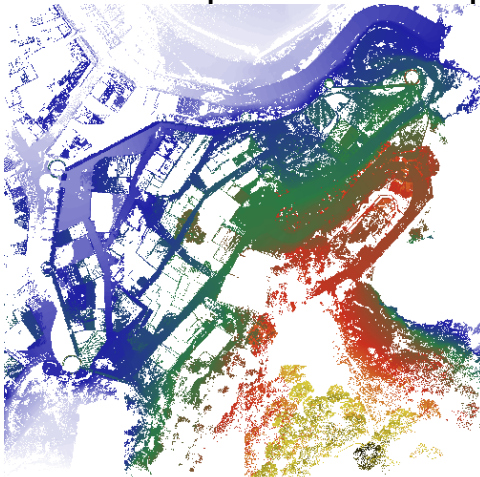
¹ Archivo con nomenclatura "01- points.dbf", del anejo del CD.

² Archivo con nomenclatura "02 - puntos_xyz.shp", del anejo del CD.

³ Archivo con nomenclatura "03 - puntos_rásterizado.asc", del anejo del CD.

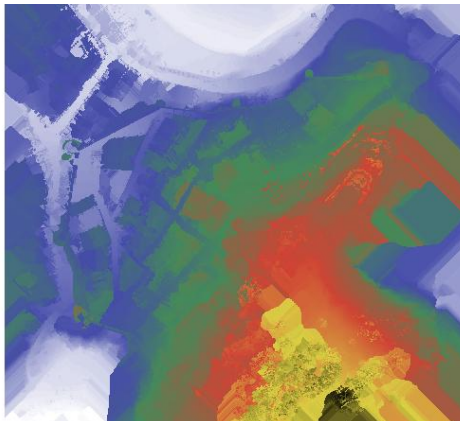
Para completar la capa ráster con los valores intermedios, el módulo sextante tiene buenas opciones que dan un buen resultado como la interpolación por distancia inversa, el Decremento lineal, la interpolación Kriging, pero para acelerar el proceso se utilizó la opción “rellenar celdas sin datos por vecindad”⁴ (figura 2).

Figura 1. Resultado de la pasterización de los puntos “z”



Fuente: Elaboración propia a partir del gvSIG 1.9

Figura 2. Ráster con valores intermedios rellenos



Fuente: Elaboración propia a partir del gvSIG 1.9

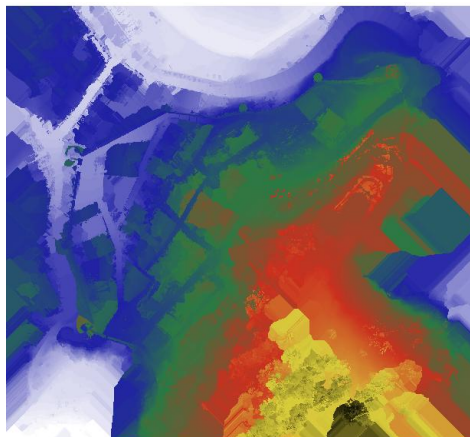
1.3.2 Corrección de errores

En numerosas ocasiones los MDE presentan irregularidades que deben modificarse para adaptarlos en la mejor medida posible para dicho análisis. La fuente principal de estos errores es la presencia de las depresiones cerradas. Para corregir esta circunstancia, es decir, elimina las depresiones existentes en un MDE, (rellenándolas), se utilizó la extensión

⁴ Archivo con nomenclatura “04 - ráster_valor_rellenos.asc”, del anejo del CD.

“eliminar depresiones” que permite y deja el MDE⁵ preparado para su posterior análisis (figura3).

Figura 3. MDE sin depresiones



Fuente: Elaboración propia a partir del gvSIG 1.9

Con las herramientas sextante, el MDE fue mejorado, rellenando las celdas sin datos, como también eliminando las depresiones. El resultado ha sido un ráster de 2180x2000 celdas o píxeles (2181x200m.). Finalmente, utilizando como referencia la cartografía del ICC se ha podido georeferenciar el ráster interpolado y rásterizado.

Con la extensión de ráster y teledetección, del gvSIG, se puede georeferenciar como también geolocalizar una imagen o un dato vectorial. Para ello primero hay que tener abierto en una vista el archivo que tendrá como referencia, y en otra vista el archivo que quieres georeferenciar, selecciona en transformaciones geográficas, y a continuación se pincha sobre la opción Georeferenciación. Se abrirá la ventana en donde seleccionaremos la transformación y activamos la opción “con cartografía de referencia” y escogemos la vista en donde tenemos cargada la cartografía de referencia, en el apartado Fichero a georeferenciar buscamos en el sistema de archivos el fichero donde está localizada la imagen. Se selecciona los puntos del control que relaciona las coordenadas homólogas de ambos archivos. Una ventaja del gvSIG es que antes de finalizar la georeferenciación, se hace automáticamente el test para comprobar fiabilidad del proceso.

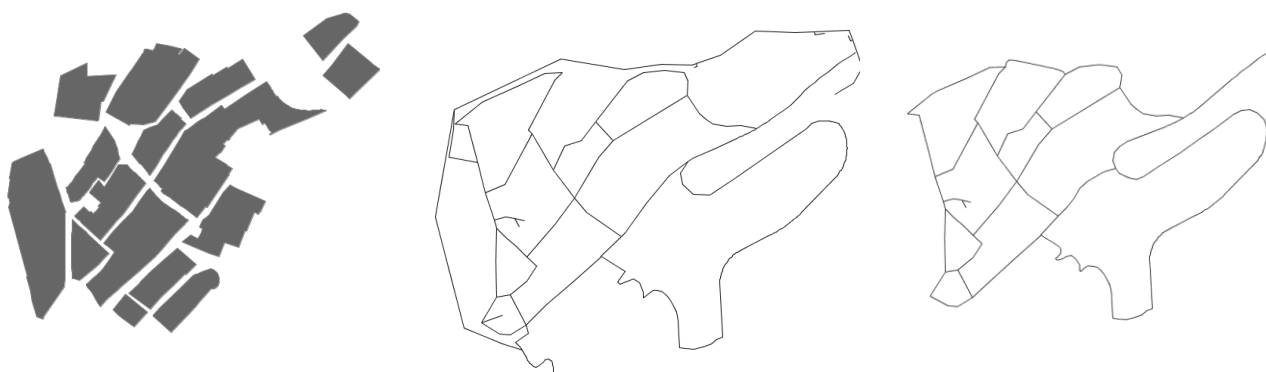
⁵ Archivo con nomenclatura “05 - MDE.asc”, del anejo del CD.

1.3.3 Generación de cartografía de base

A partir de dicha información cartográfica, se ha realizado la generación el plano de las manzanas⁶ (figura 4), así, pudiendo hacer el análisis para la creación de los ejes de calle⁷(figura 5) correspondiente al casco antiguo del municipio de Tossa de Mar. Con un estudio local, se ha hecho un análisis de las posibles rutas⁸ (figura 6) y se ha digitalizado según los ejes de las calles definidos anteriormente.

Para editar tantos los ejes como las rutas, es necesario crear una vista y criar nueva capa (shp,dxf). Se activará el Tools de edición. Mientras la edición está activada, se puede también modificar la tabla.

Figura 4 – 5 – 6. Datos Vectoriales (manzana, eje de calle u rutas)



Fuente: Elaboración propia a partir del gvSIG 1.9

1.3.4 Generación de la topografía

Con el objetivo de obtener una topografía donde es posible identificar la accesibilidad física, se genera la visualización de la pendiente topográfica.

En gvSIG, es posible generar la pendiente⁹ (figura 7), por la aplicación de la extensión sextante, con la herramienta geomorfometría y análisis del relieve – pendiente. Pero eso solo puede ser aplicado por un dato ráster, en este caso, se utilizó el MDE corregido. La sextante presenta siete métodos a elegir para generar la pendiente, cualquiera sirve, pero, el método de Zevenbergen & Thorne 1987 es considerado como más exacto. El proceso te

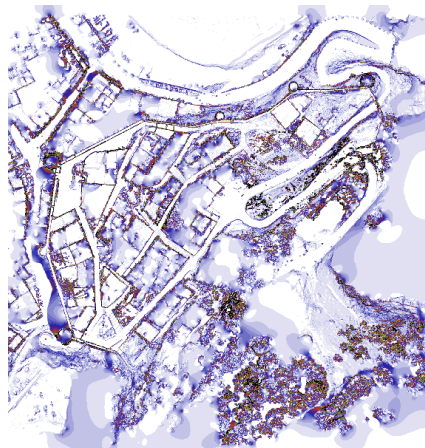
⁶ Archivo con nomenclatura "06 - Manzanas_gvsig.shp", del anejo del CD

⁷ Archivo con nomenclatura "07 - EJES_CALLE_gvsig.dbf", del anejo del CD

⁸ Archivo con nomenclatura "08 - ruta_gvsig.shp", del anejo del CD

pregunta la unidad a utilizar para el calculo, dando la opción de calculo en radianes, grados o porcentaje. Si quieres la capa de pendientes para realizar otros cálculos deberás realizarlo en radianes, pero para la presente investigación utilizamos el porcentaje . En el menú contextual de la capa que acaba de crear, debes accede a Tablas de color y activa la tabla. Selecciona la tabla que mejor visualiza (ex. Blue-green-red-yellow) de los valores predefinidos y la aplica, salva como. Borra las filas y defini los valores límite de los intervalos de pendientes que quieres representar (por ejemplo 40, 50, 60 y 70) y asocia un valor a cada uno de ellos. De este modo se defini la simbología del mapa de pendientes y guardarlo como (ex. nombre_pendientes).asc. REPITO *.asc

Figura 7. Ráster de pendiente (detección de las fachadas)



Fuente: Elaboración propia a partir del gvSIG 1.9

Después debes ir a Herramientas para capas ráster categóricas/estadísticas de clases => crearás una tabla *.dbf que podrás abrir en Excel o en open office. Por ejemplo, calculo cuatro rangos de pendientes: de 0 a 15, de 15 a 30; de 30 a 55; y Mayor de 55 (todo en %). Después, para la salida gráfica, deberás "reclasificar"¹⁰ dicha capa de pendientes. Una vez que la reclasifiques le aplicas las tablas de colores.

Con la base cartográfica definida e podrá operar los procedimientos de análisis de redes y rutas óptimas.

⁹ Archivo con nomenclatura "09 - pendiente.asc", del anejo del CD

¹⁰ Archivo con nomenclatura "10 – pendiente_reclasificada.asc", del anejo del CD

1.3.5 Creación de redes y rutas óptimas

Para que sea efectivo el cálculo del itinerario de rutas, hay que crear una topología de red. El sistema de redes del gvSIG, es bastante simple, con una capa de ejes interconectados se puede regenerar una topología de red. Los campos que pide al crear topología son todos opcionales. Es decir, que si los tienes, los puedes usar, y si no, no importa. En todo caso, se puede crear una topología de redes por el tipo de vía, la longitud, el coste, y el sentido de la vía.

El campo tipo de vía se puede emplear para categorizar los ejes. El ejemplo típico son las carreteras, clasificarlas según si son autopistas, autovías, nacionales, comarcales, etc. La idea es luego poder asignar velocidades a cada tipo de vía (120 km/h, 110, 90, 60, etc). Para asignar las velocidades, lo puedes hacer desde la ventana de Gestión de Paradas. Los valores que tiene que tener: un campo de tipo entero.. Si no se selecciona, todos los tramos tendrán la misma velocidad permitida. El campo longitud es el campo secundario de coste. Normalmente se usa para informar de la distancia recorrida. Si no se selecciona, se usará la longitud física de la entidad gráfica.

El campo coste es el que se emplea realmente en los cálculos. Si no se selecciona, se usará el campo de longitud, y equivale a buscar el camino más corto en distancia (a menos que luego asignes velocidades, en cuyo caso esto se recalcula y se rellena el coste de cada tramo en función de cada velocidad). Si dispones del tiempo que tarda un vehículo en pasar por cada tramo, lo puedes seleccionar, y se tendrá en cuenta en el cálculo. Las unidades de coste. Mejor siempre en segundos, o no seleccionar nada.

Y para terminar, el campo sentido: 1-> Sentido según se ha digitalizado el tramo; 2->Al revés; 3->Doble sentido; Cualquier otro valor -> tramo prohibido.

La herramienta de fijar velocidades le permite configurar la velocidad de paso por las vías en km/hora. El configurar las velocidades de paso en los tramos afectará al campo cálculo de costes del "Gestor de paradas". Para establecer distintas velocidades en función del tipo de vía, hay que hacer doble click sobre el registro que contiene la velocidad que desea modificar, escriba el nuevo dato y pulse "enter". Para salir de la ventana haga click sobre "Aceptar".

Nota: Si ya ha pedido un cálculo de ruta, para que el cambio de velocidad se fije, deberá calcular la ruta de nuevo.

Pues creada la topología de redes, se puede asignar las paradas (puntos de interés) el programa calculará el camino mínimo, o sea, el más económico. Caso hay un tramo que no se puede pasar, o es un obstáculo para un usuario con movilidad reducida, se asigna tramo prohibido, pero, en con eso surge una dificultad, por al asignar el tramos prohibido, el programa identifica todo el tramos (de nodo a nodo). Para esa situación, se puede utilizar el gestor de geoproceto, donde hay aplicaciones que se puede aplicar una transformación sobre los elementos geográficos de una capa vectorial. Entre ellas está la función de unión y te intersección.

Identificación de obstáculos

Escaleras

Por la identificación de la pendiente, sobre el ráster generado a partir de la nube de puntos LTS, es posible reconocer gran parte de los escalones, pues, se visualiza pendientes próximas a 90 grados, por lo tanto, se identifica en la calle los cambios brusco de pendiente en un espacio corto horizontalmente como escaleras.

Sobre el plano de pendiente, en propiedad del ráster, se desactivamos el real se digitaliza las escaleras que son identificadas visualmente ¹¹(figura 8).

Figura 8. Identificación de escaleras



Fuente: Elaboración propia a partir del gvSIG 1.9

¹¹ Archivo con nomenclatura "11 – escalera_gvsig.shp", del anejo del CD

Anchura de calles

La anchura de una calle, según la normativa UNE es de 1,5 metros, y supone un valor a tener en cuenta para ser transitable, tanto para personas discapacitadas, en mayor o menor medida, como para el resto de la población.

Para identificar la anchura minima, se hizo un buffer de la mirad de la anchura minima, y consecuentemente se digitalizaran los polígonos superposición de estos polígonos con los de las manzanas adyacentes¹² (figura 9).

Figura 9. Delimitación anchura



Fuente: Elaboración propia a partir del gvSIG 1.9

El buffer, actúa sobre una capa vectorial de puntos, líneas o polígonos generando una nueva capa de polígonos resultantes de aplicar un área de influencia sobre todos los elementos o sobre una selección de la capa de entrada.

En gvSIG, el procedimiento de buffer, es denominado Area de influencia, en una de las funciones del geoproceto y está estructurado en las siguientes partes: selección de los elementos cuya área de influencia se va a calcular, introducción de las características del área de influencia a calcular, la opción Dissolver entidades permite que, una vez generada el área de influencia de todos los elementos de la capa de entrada, en una segunda pasada se fusionen aquellos elementos cuya geometría se toque, la opción No usar borde redondeado

permite generar buffers con bordes perpendiculares (no suavizados), al estilo de la siguiente figura, selección del número de buffers concéntricos, y de la situación de éstos respecto de la geometría original.

El geoproceso Área de Influencia de gvSIG permite generar varias áreas de influencia, equidistantes de la geometría original (por ejemplo, si la distancia de buffer a aplicar es 200 metros, y se elige generar dos anillos concéntricos, el segundo anillo estará a una distancia de buffer de entre 200 metros y 400 metros. Actualmente, por razones de eficiencia, se ha limitado el número de anillos de buffer concéntricos a generar a tres.

Insuficiencia lumínica

Para establecer las zonas que presentan insuficiencia lumínica, se ha considerado que la radiación es de tipo esférica, no se ha tenido en cuenta los elementos construidos, ni altura respecto al suelo, siendo el que el flujo lumínico es el mismo para todos los puntos de luz.

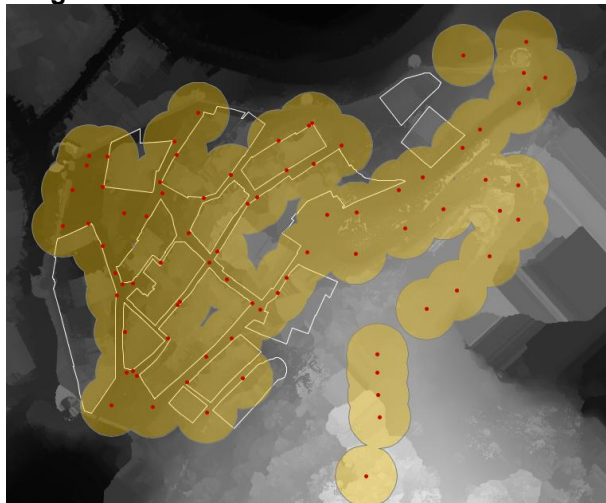
Para poder identificar los tramos de calle que presentan insuficiencia luminica, se aplico la mismo metodologia que utilizamos para identificar la anchura de las calles, por buffer, ou como se denomina en el gvSIG, área de influencia.

Con el plano del posicionamiento de las farolas, que fue facilitado por el Ayuntamiento de Tossa de Mar, partindo que la distancia minima de un alumbrado a outro, es de 10m dengun los estandares aprobados por la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer), NESC (National Electrical Safety Code), EPRI (Electrical Power Research Institute) y PREPA (Puerto Rico Electric Power Authority), se calculado la área de influencia de las farolas a una distancia de 10m. El resultado de este proceso es un poligono, con lo cual, los factores que en su interior, son suficientemente iluminados, y los que estan fuera, son insuficientemente iluminados¹³ (figura 10).

¹² Archivo con nomenclatura "12_-_anchura_gvsig.shp", del anejo del CD

¹³ Archivo con nomenclatura "14_-_insuficiencia_luminica.shp", del anejo del CD

Figura 10. Zonas suficientemente iluminadas

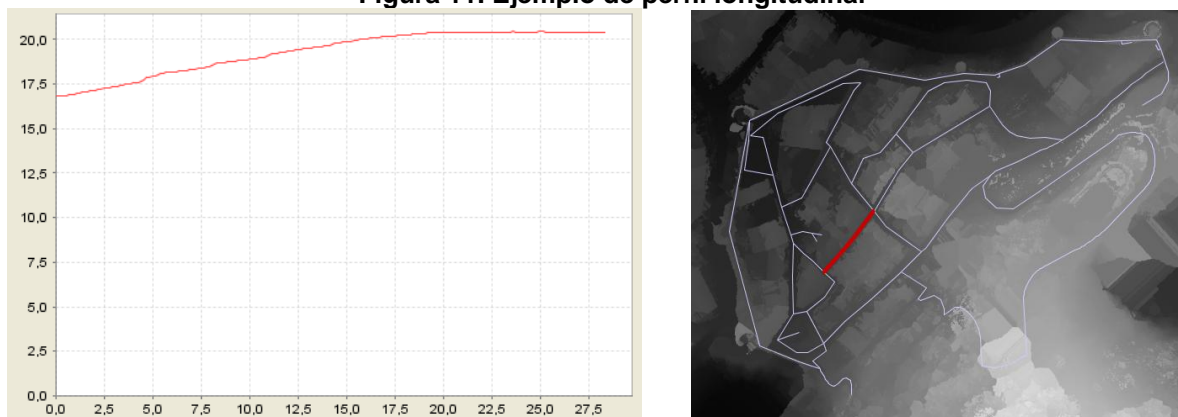


Fuente: Elaboración propia a partir del gvSIG 1.9

Pendiente

Para calcular la pendiente exacta de la de cada tramo, fue necesario dividir el tramo en distancias iguales, para no cometer el error de omitir la pendiente real. Para eso, se utilizó el método del cálculo de perfiles longitudinales (figura 11), pues al generar el perfil, genera un shape de puntos equidistante con la coordenadas x,y,z de cada punto, y si quieres volcar los datos para un shape de líneas, se puede hacer con "Herramientas para capas de líneas>Fragmentar líneas con capa de puntos".

Figura 11. Ejemplo de perfil longitudinal



Fuente: Elaboración propia a partir del gvSIG 1.9

Con la opción de calcular los perfiles, es posible saber la distancia horizontal y la distancia real de una ruta, como también la coordenadas x,y,z. Se calcula los perfiles horizontales y los perfiles transversales a dicha ruta. Calculando el perfil longitudinal que une un punto con otro (o incluso una ruta compuesta por una serie de segmentos lineales) nos permite saber si la línea que los une pasa por terreno llano o no.

Para el cálculo de perfil longitudinal abrimos el módulo de Perfiles de Sextante, y seleccionamos Perfil longitudinal. Nos sale el gráfico del perfil, más una capa de puntos que contiene información de las coordenadas (x, y, z) de cada celda cruzada por el perfil y las distancias desde el origen. Hay que exportar no perder el shape. Para no dejar el cálculo del perfil trunco, necesitamos tratar previamente el MDE utilizando el módulo Eliminar depresiones (de Análisis hidrológico básico). Dejamos el ángulo de inclinación por defecto. Este ángulo hace referencia a la inclinación que queremos que se rellene cada celda que conforma la depresión.

Uniendo las informaciones del perfil longitudinal de cada tramo de eje de calle con el plano de eje de calles, fue posible identificar la pendiente de cada tramo, mediante la fórmula de cálculo de pendiente (figura 12), utilizando la herramienta de calculadora.

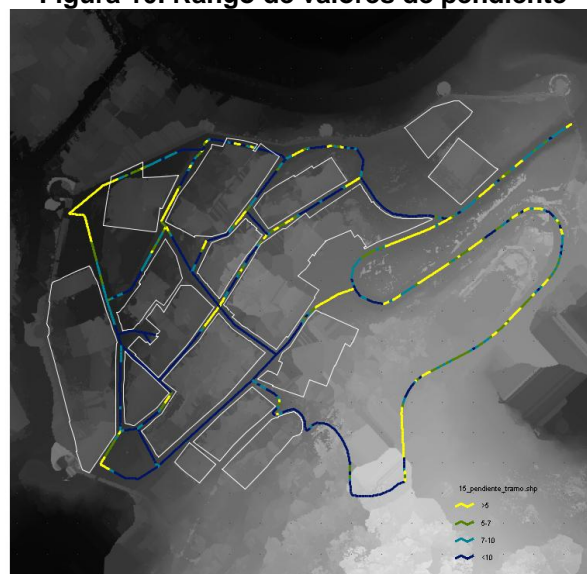
Figura 12. Fórmula para calcular la pendiente en cada tramo

$$Pendiente (\%) = 100 \cdot Abs \left(\frac{Z_f - Z_i}{\sqrt{(X_f - X_i)^2 + (Y_f - Y_i)^2}} \right)$$

Fuente: QUERALTÓ i ROS, Pau; VALLS DALMAU, Francesc

Con esta fórmula se obtiene el valor absoluto de la pendiente en cada tramo, generando un mapa donde se visualiza de manera temática los rangos de valores. Se a identificado los rangos mayores de 10%, según la normativa, la máxima pendiente puede ser 12% pero con una longitud mayor que 10m, e como trabajamos con fraccionamientos de distintas distancias, se establece 10% que es la pendiente máxima para longitudes menores que 10m, como también los rangos de valores menores de 10%, de 7% y de 5% (figura 13)

Figura 10. Rango de valores de pendiente



Fuente: Elaboración propia a partir del gvSIG 1.9